

(12) NACH DEM VERTRAG ÜBER DIE INTERNATIONALE ZUSAMMENARBEIT AUF DEM GEBIET DES
PATENTWESENS (PCT) VERÖFFENTLICHTE INTERNATIONALE ANMELDUNG

(19) Weltorganisation für geistiges Eigentum
Internationales Büro



(43) Internationales Veröffentlichungsdatum
14. Februar 2002 (14.02.2002)

(10) Internationale Veröffentlichungsnummer
PCT WO 02/12924 A2

- (51) Internationale Patentklassifikation⁷: **G02B** **KNOBLICH, Johannes** [DE/DE]; Im Bürgergarten 6, 07747 Jena (DE). **MEDER, Bernd** [DE/DE]; Aalener Str. 19/1, 73463 Westhausen (DE).
- (21) Internationales Aktenzeichen: PCT/EP01/08936
- (22) Internationales Anmeldedatum: 2. August 2001 (02.08.2001) (81) Bestimmungsstaaten (*national*): JP, US.
- (25) Einreichungssprache: Deutsch (84) Bestimmungsstaaten (*regional*): europäisches Patent (AT, BE, CH, CY, DE, DK, ES, FI, FR, GB, GR, IE, IT, LU, MC, NL, PT, SE, TR).
- (26) Veröffentlichungssprache: Deutsch
- (30) Angaben zur Priorität: 100 38 133.2 4. August 2000 (04.08.2000) DE **Veröffentlicht:**
— ohne internationalen Recherchenbericht und erneut zu veröffentlichen nach Erhalt des Berichts
- (71) Anmelder (für alle Bestimmungsstaaten mit Ausnahme von US): **CARL ZEISS JENA GMBH** [DE/DE]; Carl-Zeiss-Promenade 10, 07745 Jena (DE). Zur Erklärung der Zweibuchstaben-Codes und der anderen Abkürzungen wird auf die Erklärungen ("Guidance Notes on Codes and Abbreviations") am Anfang jeder regulären Ausgabe der PCT-Gazette verwiesen.
- (72) Erfinder; und
- (75) Erfinder/Anmelder (nur für US): **WINTEROT, Johannes** [DE/DE]; Kornblumenweg 10, 07745 Jena (DE).

(54) Title: OPTICAL ARRANGEMENT FOR PRODUCING STEREOSCOPIC IMAGES

(54) Bezeichnung: OPTISCHE ANORDNUNG ZUR ERZEUGUNG STEREOSKOPISCHER BILDER

(57) Abstract: The invention relates to an optical arrangement for the stereoscopic viewing of objects (8). The arrangement is provided with an imaging system and at least one lens group (1) of fixed focal length for altering the image scale, located between the imaging system and an object (8) being viewed. According to the invention, a regulating device is provided for altering the position of the lens group (1) in the direction of the optical axis and hereby altering the distance (c) between the lens group (1) and a reference edge (4) of the imaging system. The actuation of the regulating device or more specifically, the alteration of the distance (c) hereby enables different enlargements β' to be set, in turn enabling the production of virtual intermediate images of objects (8) which are located at different distances within a working field; in the image plane of the stationary imaging system. The invention could therefore be applied very advantageously to restoration work in dental technology and other fields in which the service value provided by the invention is desirable.

(57) Zusammenfassung: Die Erfindung bezieht sich auf eine optische Anordnung zur stereoskopischen Betrachtung von Objekten (8), ausgestattet mit einem Abbildungssystem und mit mindestens einer zwischen dem Abbildungssystem und einem betrachteten Objekt (8) angeordneten Linsengruppe (1) fester Brennweite zur Veränderung des Abbildungsmaßstabes. Erfindungsgemäss wird die Aufgabe gelöst, indem eine Stelleinrichtung zur Veränderung der Position der Linsengruppe (1) in Richtung der optischen Achse und damit zur Veränderung des Abstandes c zwischen Linsengruppe (1) und einer Bezugskante (4) des Abbildungssystems vorgesehen ist. Auf diese Weise ist es möglich, mit der Betätigung der Stelleinrichtung bzw. der Veränderung des Abstandes c unterschiedliche Vergrößerungen β' einzustellen und damit virtuelle Zwischenbilder von Objekten (8), die sich in unterschiedlichen Abständen innerhalb eines Arbeitsbereiches befinden, in der Abbildungsebene des feststehenden Abbildungssystems zu erzeugen. So sind sehr vorteilhaft Anwendungen bei Restaurations-Arbeiten, in der Dentaltechnik sowie weitere denkbar, bei denen der mit der Erfindung erzielte höhere Gebrauchswert gewünscht wird.

WO 02/12924 A2

5 **Optische Anordnung zur Erzeugung stereoskopischer Bilder**

Die Erfindung bezieht sich auf eine optische Anordnung zur stereoskopischen Betrachtung von Objekten, ausgestattet mit
10 einem Abbildungssystem und mit mindestens einer zwischen dem Abbildungssystem und einem betrachteten Objekt angeordneten Linsengruppe fester Brennweite zur Veränderung des Abbildungsmaßstabes.

15 Optische Anordnungen, die zur Abbildung von Objekten dienen, sind mit der Möglichkeit zur Fokussierung auf diese Objekte bzw. zur Scharfeinstellung der Abbildung ausgestattet, wobei sich die dafür vorgesehenen Mittel nach drei Grundprinzipien ordnen lassen:

20 Nach einem ersten Prinzip werden zur Scharfeinstellung das Objekt und das Abbildungssystem relativ aufeinander zu bewegt, das heißt es wird entweder das Abbildungssystem in Richtung zum Objekt oder umgekehrt das Objekt in Richtung
25 zum Abbildungssystem verschoben, wie beispielsweise bei Mikroskopen, bei denen nach dem Prinzip der Objektivfokussierung das Objektiv verschoben oder nach dem Prinzip der Tischfokussierung der Objektträger mit dem Objekt bewegt wird.

30 Abweichend davon wird bei einem zweiten Prinzip die Scharfeinstellung bei gleichbleibendem Abstand zwischen Objekt und Abbildungssystem vorgenommen, indem eine optische Komponente des Abbildungssystems relativ zu anderen Komponen-

ten des Abbildungssystems axial verschoben und so das Abbildungssystem auf das Objekt fokussiert wird. Nach diesem Prinzip arbeiten beispielsweise Feldstecher, Fotoobjektive und Videokameras.

5

Bei optischen Anordnungen nach einem dritten Prinzip wird mit einem optischen Zusatzsystem, das zwischen dem abzubildenden Objekt und der Abbildungsebene des Abbildungssystems angeordnet ist die Übertragungslänge verändert. Auf diese
10 Weise wird ohne Eingriff in den inneren Aufbau des Abbildungssystems und ohne Positionsänderung des Abbildungssystems relativ zum Objekt eine Anpassung an die Objektlage erzielt. In dieses Sachgebiet ist auch die nachfolgend beschriebene Erfindung einzuordnen.

15

Im Stand der Technik sind optische Anordnungen zur stereoskopischen Abbildung von Objekten bekannt, bei denen nach dem vorgenannten dritten Prinzip zwischen einem unverändert bleibenden Abbildungssystem und dem Objekt ein optisches
20 Vorsatzsysteme in Form einer Linsengruppe positioniert ist, die zur Veränderung des Abbildungsmaßstabes dient.

Je nach Anwendungsfall haben derartige Vorsatzsysteme eine positive oder eine negative Brennweite. Mit solchen Vorsatzsystemen sind insbesondere Mikroskope vom Greenough-Typ
25 ausgestattet. So sind z.B. Stereomikroskope „DV 4“ und „Stemi 2000“ der Carl Zeiss Jena GmbH bekannt, bei denen mit dem Vorsatzsystem ein fest vorgegebener Vergrößerungsfaktor erzielt wird.

30

Auch für Stereomikroskope vom Fernrohrtyp ist die Verwendung von Vorsatzsystemen bekannt, so beispielsweise bei den Stereomikroskopen „TECHNIVAL“ und „CITOTAL“, beschrieben in

Beyer/Riesenberg „Handbuch der Mikroskopie“, Verlag Technik Berlin, 3. Auflage 1988, Seite 348 ff. Auch hier ist mit der Wahl des Vergrößerungsbereiches die Übertragungslänge definiert und eine Änderung lediglich durch Wechsel des
5 Vorsatzsystems oder Austausch des Grundobjektivs möglich.

Dies ist nachteilig für Anwendungen, bei denen mit einer ortsfesten optischen Anordnung ein variabler Abstand zu dem zu betrachtenden Objekt überbrückt werden soll, was z.B.
10 bei Restaurationsarbeiten erforderlich ist. Hierbei ist ein aufrechtes und seitenrichtiges Bild notwendig, was nur mit einem Abbildungsmaßstab größer „Null“ erreicht werden kann.

Bekanntermaßen wird dazu entweder ein reelles Zwischenbild
15 oder ein virtuelles Zwischenbild in der Objektebene des Stereomikroskops erzeugt. Die nachfolgend beschriebene Erfindung bezieht sich auf die Erzeugung virtueller Zwischenbilder.

Von dem dargestellten Stand der Technik ausgehend besteht die Aufgabe der Erfindung darin, Anordnungen zur stereoskopischen Abbildung von Objekten der vorbeschriebenen Art derart weiterzubilden, daß auf einfache Weise der Arbeitsabstand zu den zu beobachteten Objekten variiert werden
20 kann und dadurch eine ermüdungsfreie Beobachtung von Objekten in verschiedenen Entfernungen möglich ist.

Erfindungsgemäß wird die Aufgabe gelöst, indem eine Stalleinrichtung zur Veränderung der Position der Linsengruppe
30 in Richtung der optischen Achse und damit zur Veränderung des Abstandes c zwischen Linsengruppe und einer Bezugskante des Abbildungssystems vorgesehen ist.

Auf diese Weise ist es möglich, mit der Betätigung der Stelleinrichtung bzw. der Veränderung des Abstandes c unterschiedliche Vergrößerungen β' einzustellen und damit
5 virtuelle Zwischenbilder von Objekten, die sich in unterschiedlichen Abständen innerhalb eines Arbeitsbereiches befinden, in der Abbildungsebene des feststehenden Systems zu erzeugen. So sind sehr vorteilhaft Anwendungen bei Restaurations-Arbeiten, in der Dentaltechnik sowie weitere denk-
10 bar, bei denen der mit der Erfindung erzielte höhere Gebrauchswert gewünscht wird.

Die mit einer Veränderung des Abstandes c um einen Betrag Δc bewirkte Änderung der Übertragungslänge ist von der
15 Brennweite des Linsensystems und damit von der Ausgangsvergrößerung β' abhängig und bewirkt eine Vergrößerungsänderung zu $\beta'=1$ hin. Eine besonders vorteilhafte Wirkung ergibt sich bei verhältnismäßig kleiner Ausgangsvergrößerung β' .

20 Eine Veränderung der Vergrößerung β' bzw. Fokusverschiebung tritt für alle Brennweiten f'_{Gruppe} ein, wenn die Linsengruppe zwischen dem Abbildungssystem und der Fokusebene des Abbildungssystems positioniert wird. Dabei tritt die größte
25 Dynamik durch Veränderung der Bildschnittweite a bei maximalem Abstand c ein.

In einer besonders vorteilhaften Ausgestaltung der Erfindung besteht die Linsengruppe aus zwei Linsen mit folgenden
30 Kennwerten:

- Radien der optisch wirksamen Grenzflächen: $R_1 = -67,722$ mm; $R_2 = 56,249$ mm; $R_3 = -3867$ mm;
- Scheitelabstände der optisch wirksamen Grenzflächen auf der optischen Achse: $D_1 = 2,8$ mm; $D_2 = 5,75$ mm;
- Hauptwellenlänge $\lambda = 546$ nm;
- Brechzahlen für die Hauptwellenlänge: $N_{e1} = 1,60629$; $N_{e2} = 1,65285$
- Dispersion (Abbezahl): $ve_1 = 53,35$; $ve_2 = 33,59$.

Wird eine solche Linsengruppe dem Abbildungssystem vorge-
setzt, lassen sich mit der Variation des Abstandes c Ände-
rungen der Vergrößerung β' bzw. der Schnittweiten a und b
wie folgt erzielen:

Abstand c	Vergrößerung β'	Bildschnitt- weite a	Objektschnitt- weite b	Abstand A
c_1	0,3	$a_1 = 93,74$	$b_1 = 294,5$	-
c_2	0,4	$a_2 = 81,04$	$b_2 = 189,1$	$A_2 = 92,7$
c_3	0,5	$a_3 = 69,27$	$b_3 = 125,9$	$A_3 = 144,13$

Besonders bevorzugt ist vorgesehen, die erfindungsgemäße
optische Anordnung als Stereomikroskop vom Greenough-Typ
auszubilden und dabei die Linsengruppe einschließlich der
Stelleinrichtung an den Grundkörper des Stereomikroskops zu
adaptieren.

Die Erfindung soll nachfolgend anhand eines Ausführungsbei-
spieles näher erläutert werden. Die zugehörigen Zeichnungen
zeigen in

Fig.1 das Beispiel einer Linsengruppe aus zwei Linsen,
ausgelegt für ein Greenough-Stereomikroskop,

Fig.2. eine Prinzipdarstellung zur Positionierung der Linsengruppe zwischen Abbildungssystem und Objekt eines Greenough-Stereomikroskops.

5 Aus Fig.1 ist die Linsengruppe 1, bestehend aus zwei Lin-
sen 2 und 3, erkennbar. Die Linsengruppe 1 besitzt eine ne-
gative Brennweite und ist für die Hauptwellenlänge $\lambda=546$ nm
ausgelegt und achromatisiert. Die optisch wirksamen Grenz-
flächen der Linse 2 haben die Radien $R_1 = -67,722$ mm und
10 $R_2= 56,249$ mm. Die Linse 3 ist ausgeführt mit den Radien
 $R_2=56,249$ mm und $R_3= -3867$ mm. Die Scheitelabstände der op-
tisch wirksamen Grenzflächen betragen auf der optischen
Achse für die Linse 2 $D_1=2,8$ mm und für die Linse 3
 $D_2=5,75$ mm.

15 Weiterhin hat das Material der Linse 2 eine Brechzahl von
 $Ne_1=1,60629$ und eine Dispersion von $ve_1=53,35$. Diese Kenn-
werte sind bei der Linse 3 mit $Ne_2=1,65285$ und $ve_2=33,59$
ausgelegt.

20 Aus Fig.2 ist ersichtlich, wie die Linsengruppe 1 relativ
zum Objekt 8 und den Mikroskopstrahlengängen 5 und 6 posi-
tioniert ist. Die Position einer am Abbildungssystem vorhan-
denen Bezugskante 4 ist hier in Form einer Wirklinie ange-
25 deutet.

Die Summe $c+a$ ist konstant und durch den freien Arbeitsab-
stand des Abbildungssystems bestimmt. Der Abstand c zwi-
schen der Bezugskante 4 und der Linsengruppe 1 ist varia-
30 bel, wobei zur Positionsänderung der Linsengruppe 1 eine
Stelleinrichtung dient, die zeichnerisch nicht dargestellt

ist. Derartige Stelleinrichtungen und auch deren Ankopplung an positionsveränderliche optische Baugruppen sind hinreichend bekannt, so daß eine nähere Beschreibung an dieser
 5 Stelle entfallen kann.

Zur Erläuterung der Funktionsweise ist weiterhin eingezeichnet der axiale Abstand a zwischen der Scheitelebene der Linsengruppe 1 und der Bildebene 7, in der das optische
 10 System die Abbildung eines zu beobachtenden Objektes 8 erzeugt. Als Abstand b ist die Distanz zwischen der Linsengruppe 1 und dem Objekt 8 bezeichnet. Hierbei entspricht der Abstand a der Bildschnittweite, der Abstand b entspricht der Objektschnittweite.

15

Die Größen für die Abstände a und b sind über die Beziehungen

$$(I) \quad \left| 1/(-a-k_1) - 1/(b-k_2) - 1/f'_{\text{Gruppe}} \right| < 0,02$$

$$(II) \quad \left| -(-a-k_1)/(b-k_2) - \beta \right| < 0,02$$

20 mit Konstanten k_1 und k_2 und der Brennweite f'_{Gruppe} ähnlich den paraxialen Beziehungen verknüpft. Die Beziehung (I) begrenzt den Fangbereich, die Beziehung (II) formuliert die Dynamik der Vergrößerung bei Änderung der Übertragungslänge. Für das hier angegebene Beispiel gilt $k_1 = -2,52$,
 25 $k_2 = -3,29$ und $f'_{\text{Gruppe}} = -126,01$.

Der Abstand A zwischen der Bezugskante 4 und dem Objekt 8 ist definiert mit $A = c + b + D_1 + D_2$ (vergl. Fig.2). Werden nun beispielsweise Objekte beobachtet, die sich in den verschiedenen Abständen A_2 oder A_3 befinden, so kann erfindungsgemäß die optische Abbildung durch Betätigung der
 30

Stelleinrichtung, d.h. durch Variation des Abstandes c , den verschiedenen Abständen A angepaßt werden.

- 5 Beispielsweise wird bei Einstellung auf den Abstand c_1 ein Objekt mit der Vergrößerung $\beta'=0,3$ scharf abgebildet. Soll nun ein Objekt betrachtet werden, das sich beispielsweise in einer um den Betrag $A_2=92,7$ geringeren Entfernung von der Bezugskante 4 befindet, so wird dieses mit einer Vergrößerung $\beta'=0,4$ scharf abgebildet, wie aus der folgenden, auch im Anspruch 3 enthaltenen Tabelle ersichtlich ist:

Abstand c	Vergrößerung β'	Bildschnittweite a	Objektschnittweite b	Abstand A
c_1	0,3	$a_1=93,74$	$b_1=294,5$	-
c_2	0,4	$a_2=81,04$	$b_2=189,1$	$A_2=92,7$
c_3	0,5	$a_3=69,27$	$b_3=125,9$	$A_3=144,13$

- 15 Damit ist je nach gegebenem Arbeitsabstand zwischen dem Beobachter und dem Objekt bzw. je nach Objektschnittweite b der Abstand c innerhalb eines Bereiches veränderbar, der bei b_1 eine Veränderung des Abbildungsmaßstabes um das 0,3-fache, bei b_2 um das 0,4-fache und bei b_3 um das 0,5-fache bewirkt.

- 20 Die Bezeichnung Abbildungsmaßstab wird in der vorstehenden Erfindungsbeschreibung im Sinne des Größenverhältnisses von Zwischenbild und Objekt verwendet.

- 25 Mit der erfindungsgemäßen Anordnung ist eine Beobachtung auch dann möglich, wenn die an sich bei Stereomikroskopen üblichen Fokussierprinzipien (Veränderung des Abstandes

zwischen Abbildungssystem und Objekt) nicht anwendbar sind, wie dies beispielsweise bei Restaurationsarbeiten häufig der Fall ist.

- 5 Deshalb ist die Anwendung eines variablen Vorsatzsystems zur Überbrückung variabler Übertragungslängen, wie vorstehend anhand eines Ausführungsbeispieles der Erfindung beschrieben, bevorzugt für die Arbeit von Restaurateuren oder auch bei der Prozeßüberwachung mit festen Geräteaufbauten
- 10 interessant. Weiterhin ist die Verwendung bei der zeitlich aufeinander folgenden Beobachtung und Dokumentation von Objekten unterschiedlicher Größe auf den Gebieten Qualitätssicherung, Botanik, Kriminalistik und ähnlich von Vorteil.

Bezugszeichenliste

	1	Linsengruppe
5	2, 3	Linse
	4	Bezugskante
	5, 6	Mikroskopstrahlengang
	7	Bildebene
	8	Objekt
10	a, b, c	Abstand
	R_1, R_2, R_3	Radius
	D_1, D_2	Scheitelabstand
	N_1, N_2	Brechzahl
15	1.	v_1, v_2 Dispersion

Patentansprüche

5

2. Optische Anordnung zur stereoskopischen Betrachtung von
Objekten, ausgestattet mit einem Abbildungssystem und
mit mindestens einer zwischen dem Abbildungssystem und
10 einem betrachteten Objekt angeordneten Linsengruppe (1)
fester Brennweite zur Veränderung des Abbildungsmaßsta-
bes, wobei die Linsengruppe (1) und ihre Position rela-
tiv zum Abbildungssystem zur Erzeugung eines Zwischen-
bildes ausgelegt sind und eine Stelleinrichtung zur
15 Veränderung der Position der Linsengruppe (1) in Rich-
tung der optischen Achse und damit zur Veränderung des
Abstandes c zwischen dem Abbildungssystem und der Lin-
sengruppe (1) vorgesehen ist, so daß der Abbildungsmaß-
stab in Bereichen größer „Null“ veränderlich ist.

20

3. Optische Anordnung nach Anspruch 1, dadurch gekenn-
zeichnet, daß die Linsengruppe (1) ausgelegt ist für
einen Brennweitenbereich f'_{Gruppe} von

$$-0,75 \leq \frac{a_1}{f'_{\text{Gruppe}}} \leq 1,4$$

25

bei größtmöglicher Bildschnittweite a_1 .

4. Optische Anordnung nach Anspruch 1 oder 2, dadurch ge-
kennzeichnet, daß mit der Änderung des Abstandes c Än-
derungen der Vergrößerung und der Schnittweiten wie
30 folgt eintreten:

Abstand c	Vergrößerung β	Bildschnitt- weite a	Objektschnitt- weite b	Abstand A
c_1	0,3	$a_1=93,74$	$b_1=294,5$	-
c_2	0,4	$a_2=81,04$	$b_2=189,1$	$A_2=92,7$
c_3	0,5	$a_3=69,27$	$b_3=125,9$	$A_3=144,13$

5. Optische Anordnung nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, daß die Linsengruppe (1) aus zwei Linsen (2,3) mit folgenden Kennwerten besteht:
- Radien der optisch wirksamen Grenzflächen: $R_1=-67,722$ mm; $R_2=56,249$ mm; $R_3=-3867$ mm;
 - Scheitelabstände der optisch wirksamen Grenzflächen auf der optischen Achse: $D_1=2,8$ mm; $D_2=5,75$ mm;
 - Hauptwellenlänge $\lambda=546$ nm;
 - Brechzahlen für die Hauptwellenlänge: $Ne_1=1,60629$; $Ne_2=1,65285$
 - Dispersion (Abbezahl): $ve_1=53,35$; $ve_2=33,59$
4. Optische Anordnung nach einem der vorgenannten Ansprüche, ausgebildet als Stereomikroskop, wobei die Linsengruppe (1) einschließlich der Stelleinrichtung zur Veränderung des Abstandes c an den Grundkörper des Stereomikroskops adaptiert ist.

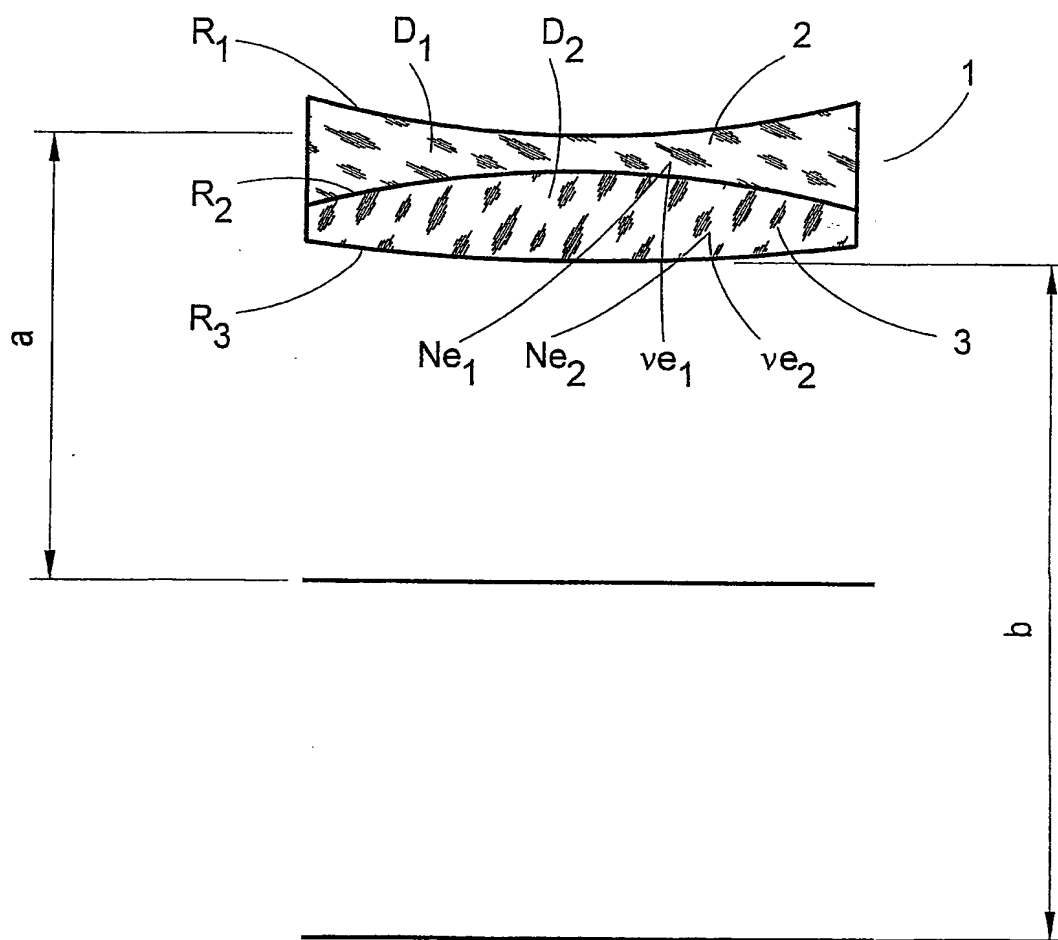


Fig.1

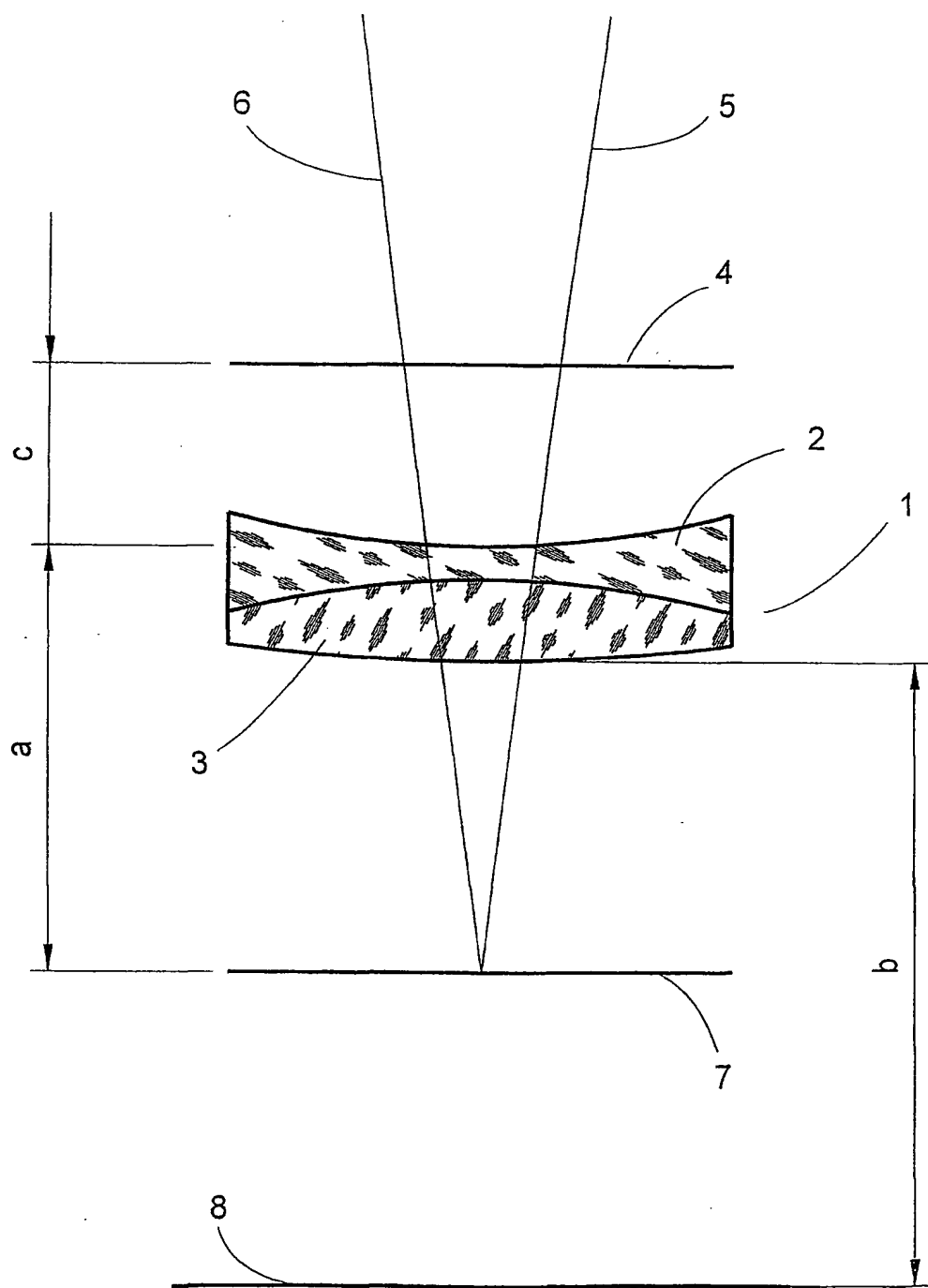


Fig.2